



Le conseguenze dell'evoluzione del trasporto ferroviario attraverso le Alpi Svizzere sul traffico delle merci al valico del Frejus

The effects of the evolution of rail transport through the Swiss Alps on the freight traffic through the Frejus pass

Prof. Ing. Paolo FERRARI(*)

1. Introduzione

La galleria ferroviaria del Frejus è il più antico traforo alpino. Fu costruita fra il 1857 e il 1870, come parte della linea ferroviaria Torino-Chambery, fin dall'inizio a doppio binario, mentre le linee di accesso furono realizzate a semplice binario e raddoppiate in epoche successive: sul versante italiano il raddoppio è stato completato solo nel 1984. La galleria del Frejus è lunga 13636 m, e ha una quota massima di m 1338 s.l.m., superiore a quella degli altri trafori ferroviari alpini: la quota del Gottardo è 1151 m, quella del Sempione 705 m, quella dell'originario traforo del Lotschberg è 1239 m. Solo il Brennero ha una quota più alta, 1371 m, ma è all'aperto. La quota elevata implica elevate pendenze lungo le linee di accesso, fino al 32‰ sul versante italiano e al 28‰ su quello francese. Il tratto più penalizzato è a monte di Bussoleno, lungo circa 20 km, con pendenza del 26‰ [10]. Queste pendenze elevate possono imporre la doppia trazione per i treni merci con peso trainato di 1150 t e la tripla trazione quando il peso trainato è 1600 t, con due locomotori di trazione e uno di spinta [11]. Esse rappresentano un importante fattore penalizzante, non solo per l'elevato numero di locomotori necessari per l'esercizio della linea, ma anche per il riscaldamento delle apparecchiature di sottostazione e delle linee di contatto, che impone un distanziamento fra i treni superiore a quello previsto dal sistema di blocco. Questo fatto, insieme con la necessità di lasciare libere tracce orarie per il ritorno dei locomotori di spinta, determina una riduzione della potenzialità della linea [11].

Fra il 2003 e il 2012 sono stati eseguiti lavori di adeguamento della galleria di valico alla sagoma limite B1, tipica della generalità delle ferrovie italiane, francesi e degli altri paesi europei. Questi lavori di adeguamento, che hanno comportato uno scavo di abbassamento del fondo del tunnel di 70 cm e la scalpellatura delle pareti, hanno

1. Introduction

The Frejus rail tunnel is the oldest Alpine tunnel. It was built between 1857 and 1870, as part of the Turin-Chambery railway, double track from the very beginning, whereas the approach lines were single track and were doubled in successive epochs. In Italy the laying of the second track was completed only in 1984. The Frejus tunnel is 13636 m long and its maximum height is 1338 m above sea level, greater than that of the other Alpine tunnels: the height of the Gotthard tunnel is 1151 m, that of the Symplon tunnel is 705 m, that of the first Lotschberg tunnel is 1239 m. Only the Brenner railway pass is higher, but it is open-air. High height entails high gradients on the approach lines, up to 32 per thousand on the Italian side and to 28 per thousand on the French one. The most penalized section - above Bussoleno - is 20 km long with a gradient of 26 per thousand. These high gradients require the double traction for train whose gross weight is 1150 tons and the triple traction when the gross weight is 1600 tons, with two drawing engines and one pushing engine. They represent a great penalizing factor, not only because the railway needs a great number of engines, but also for the heating of the electrical substation equipments and of the overhead lines: this entails a space gap between the trains greater than that provided by the block system. This fact, along with the need to have free train paths for the return of the pushing engines, causes a reduction in the line potentiality [11].

Works aiming at conforming the tunnel to the B1 loading gauge, typical of railways in Italy, in France and in other European countries, have been executed between 2003 and 2011. These works, which have required to lower the bottom of the tunnel and to cut the walls, have improved the performance of the railway, but the difficulties caused by the high gradients remain.

Some believe that these difficulties could be overcome by

(*) Università di Pisa - Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale.

(*) University of Pisa - Department of Civil and Industrial Engineering

migliorato le prestazioni della linea ferroviaria, tuttavia le difficoltà derivanti dalle elevate pendenze restano.

Alcuni ritengono che queste difficoltà potrebbero essere superate dal progetto della Nuova Linea Torino-Lione (NLTL), che riguarda la realizzazione di una nuova ferrovia internazionale di 235 km fra Torino e Lione, la quale costituisce una parte del Progetto Prioritario Europeo 6 (Lione-Trieste-Budapest-confine ucraino) della rete ferroviaria trans-europea. Nel corso del tempo il progetto ha subito notevoli trasformazioni, ma uno dei punti rimasti immutati è la realizzazione di una nuova galleria di base a doppia canna, fra la Valle di Susa in Italia e la Maurienne in Francia: la lunghezza della galleria, originariamente prevista di 52 km, è stata in seguito aumentata a 57 km. Il progetto NLTL è stato oggetto, e lo è tuttora, di forti contestazioni, per numerose ragioni, la più importante delle quali, ed a cui fa riferimento questo articolo, riguarda la previsione dei volumi di traffico che percorreranno negli anni futuri la nuova linea ferroviaria. Infatti su queste previsioni è basata l'analisi benefici-costi dell'opera, e quindi il giudizio sulla sua validità economica e sociale.

La stima dei volumi di traffico merci che, a scadenze temporali diverse, percorreranno la nuova linea ferroviaria, è stata eseguita da LTF, la società italo-francese promotrice del progetto. Questa, considerando che la nuova linea può alimentare - o essere in competizione con - itinerari che attraversano altri valichi alpini, ha utilizzato un modello complesso il quale stima la domanda d'interscambio delle merci fra numerosi Paesi, con maggiore attenzione a quella fra l'Italia ed i suoi principali partner per gli scambi transalpini (Francia, Belgio, Paesi Bassi, Regno Unito, Germania, Austria, Svizzera, Spagna, Portogallo, Paesi Scandinavi), e la assegna ad una rete di trasporto plurimodale.

2. Il modello LTF

Il modello LTF [9] ha preso in esame una vasta area, comprendente tutti i Paesi europei oltre alla Turchia, la quale è stata suddivisa in 273 zone, ciascuna individuata da un centroide. Per la stima della evoluzione nel tempo della domanda di interscambio merci fra le varie coppie di centroidi sono stati considerati tre possibili scenari di sviluppo economico, caratterizzati da diversi tassi di crescita del PIL dei vari Paesi: basso, medio e alto. Per i Paesi dell'Europa occidentale è previsto, nel caso di crescita bassa, un tasso dell'1.5% fino al 2020 e dell'1.2% oltre quella data; nel caso di crescita media il tasso previsto è dell'1.8% fino al 2020 e dell'1.5% successivamente; il tasso di crescita alta è del 2.1% fino al 2020 e dell'1.5% in seguito. Per la stima degli scambi di merce fra le varie coppie di centroidi sono stati utilizzati modelli econometrici basati su due diverse ipotesi circa l'elasticità del traffico rispetto al PIL: in una di esse l'elasticità globale media nel periodo 2004-2050 è stata assunta uguale a 1.4, nell'altra uguale a 1.7 [9]. La domanda di interscambio è stata distribuita, con un modello logit gerarchizzato, fra 5 modi di trasporto: strada, ferrovia tradizionale, combinato, au-

the project of the New Line Turin Lion (NLTL), which concerns the construction of a new international railway 235 km long, between Turin and Lion, which is part of the European Priority Project 6 (Lion-Trieste-Budapest-Ukrainian border) of the trans-European rail network. The project has been notably modified over years, but one point that has remained unchanged is the realization of a new base double tunnel, between the Susa valley in Italy and the Marianne valley in France: the length of the tunnel, which was designed of 52 km at first, has been increased later to 57 km. The NLTL project has been highly questioned, not only in the past but also today, for many reasons: the most important one, which will thoroughly discussed in this paper, concerns the forecasts of the traffic volumes that will travel the new railway in the future years. In fact, the cost-benefit analysis of the project, and thus the evaluation of its socio-economic validity, is founded on these forecasts.

The estimation of the freight traffic volumes that will travel - in successive times - the new railway has been made by LTF, the French-Italian Company that has promoted the project. The LTF study has supposed that the new railway can feed, or to compete with, all the itineraries that cross the Alpine passes. Thus a complex model has been used, which estimates the exchange freight demand among various countries, in particular between Italy and its partners for transalpine exchanges (France, Belgium, Netherlands, United Kingdom, Germany, Austria, Switzerland, Spain, Portugal, Scandinavian countries), and assigns this demand to a multimodal transport network.

2. The LTF model

The LTF model [9] has considered a wide area - encompassing all the European countries and Turkey - which has been divided into 273 zones, each of which has been identified by a centroid. Three possible scenarios of economic development - characterized by low, medium and high rate of GDP increase in the various countries - have been examined for the estimation of the freight exchange among the various centroid pairs. A rate of 1.5% until 2020, and of 1.2% beyond this date have been considered for the Western European countries in the hypothesis of low increase; the rate is 1.8% until 2020 and 1.5% successively in the case of medium increase, while it is 2.1% until 2020 and 1.5% successively if the increase is high. Econometric models based on two different hypotheses about the traffic elasticity with respect to GDP have been used for estimating the freight exchanges among the various centroid pairs: one hypothesis assumes that the overall average elasticity in the 2004-2050 period is 1.4, the other that it is 1.7 [9]. The exchange demand has been distributed, by using a nested-logit model, among 5 transport modes: road, wagonload rail, intermodal, non-accompanied rolling motorway, accompanied rolling motorway. Each transport mode is characterized by four attributes: trip time, monetary expense, reliability, safety.

The demand, computed for each centroid pair and for each transport mode, has been assigned to a road network

POLITICA E ECONOMIA

tostrada ferroviaria accompagnata, autostrada ferroviaria non accompagnata. Ciascun modo è stato caratterizzato da 4 attributi: tempo di viaggio, prezzo del trasporto, affidabilità, sicurezza.

La domanda calcolata per ciascuna coppia di centroidi e per ciascun modo di trasporto è stata assegnata, mediante il modello TRANSCAD, ad una rete stradale ed a una rete ferroviaria-marittima di grandi dimensioni. La rete stradale ha 4690 archi e 3944 nodi, quella ferroviaria-marittima ha 1595 archi e 1338 nodi. 273 nodi di entrambe le reti sono centroidi. Nella rete stradale sono stati considerati 9 valichi alpini: Ventimiglia, Monginevro, Frejus, Monte Bianco, Sempione, Gottardo, San Bernardino, Brennero, Tauri. La rete ferroviaria comprende 6 valichi: Ventimiglia, Frejus, Sempione, Gottardo, Brennero, Tauri.

Il calcolo dei flussi sugli archi delle due reti è stato eseguito in diversi possibili scenari, caratterizzati da diversi tassi di crescita del PIL, da diversi valori dell'elasticità di crescita del traffico rispetto al PIL, e da diverse misure di politica dei trasporti. Ciascun scenario è stato studiato in due diverse situazioni. Una *situazione di riferimento*, che considera la presenza delle nuove infrastrutture la cui entrata in servizio è prevista nei prossimi anni, in particolare i nuovi tunnel ferroviari del Lotschberg, del Gottardo e del Brennero, ma senza il progetto Torino-Lione; ed una *situazione di progetto*, uguale a quella di riferimento ma con l'aggiunta della nuova linea ferroviaria Torino-Lione.

I risultati del calcolo sono stati pubblicati a cura dell'Osservatorio sul collegamento ferroviario Torino-Lione, istituito con Decreto del Presidente del Consiglio italiano del 1° marzo 2006 come sede di confronto delle opinioni dei vari soggetti interessati alla nuova linea ferroviaria. I risultati relativi ai valichi alpini forniti dall'Osservatorio [9] sono riportati nelle tabelle 1 e 2, relativamente alle due situazioni e a due scenari: uno scenario M0, caratterizzato da un tasso di crescita basso del PIL - 1,5% fino al 2020, 1,2% in seguito - e da una elasticità media del traffico merci rispetto al PIL ugua-

and to a rail-maritime network, both of large size. The road network has 4690 links and 3944 nodes, the rail-maritime

TABELLA 1 – TABLE 1

FLUSSI IN MILIONI DI TONN/ANNO NELLO SCENARIO M0
FLOWS IN MILLION TONS PER YEAR IN THE M0 SCENARIO

Situazione di riferimento Reference situation					
Anno Year	Valico Pass	Ventimiglia	Frejus	Alpi Svizzere Simplon	Brennero Tauri Brenner Tauern
2004	Ferrovia Railway	0.480	8.379	21.057	17.958
	Strada Road	18.100	22.000	9.890	43.100
2020	Ferrovia Railway	1.068	14.040	36.793	30.638
	Strada Road	22.340	31.360	14.130	54.840
2025	Ferrovia Railway	1.459	15.0120	40.110	34.126
	Strada Road	23.670	32.540	14.010	55.080
2030	Ferrovia Railway	1.692	15.522	42.028	42.386
	Strada Road	24.980	35.110	13.630	61.800
2050	Ferrovia Railway	1.800	16.545	48.018	49.963
	Strada Road	35.150	52.570	14.460	90.760
Situazione di progetto Project situation					
Anno Year	Valico Pass	Ventimiglia	Frejus	Alpi Svizzere Simplon	Brennero Tauri Brenner Tauern
2004	Ferrovia Railway	0.480	8.379	21.057	17.958
	Strada Road	18.100	22.000	9.890	43.100
2020	Ferrovia Railway	1.177	17.696	36.978	30.790
	Strada Road	21.910	26.430	14.260	54.870
2025	Ferrovia Railway	0.746	26.151	37.691	32.835
	Strada Road	22.900	27.180	14.080	55.050
2030	Ferrovia Railway	1.114	30.800	37.964	39.003
	Strada Road	24.040	29.260	13.810	61.830
2050	Ferrovia Railway	1.328	50.975	45.985	51.583
	Strada Road	30.070	38.000	12.550	80.340

(Fonte - Source [9])

le a 1,4; ed uno scenario M1, caratterizzato da un tasso di crescita medio del PIL - 1,8% fino al 2020, 1,5% in segui-

one has 1595 links and 1338 nodes. 273 nodes of both the networks are centroids. Nine Alpine passes have been con-

TABELLA 2 - TABLE 2

FLUSSI IN MILIONI DI TONN/ANNO NELLO SCENARIO M1
FLOWS IN MILLION TONS PER YEAR IN THE M1 SCENARIO

Situazione di riferimento Reference situation					
Anno Year	Valico Pass	Ventimiglia	Frejus	Alpi Svizzere Symplon	Brennero Tauri Brenner Tauern
2004	Ferrovia Railway	0.480	8.379	21.057	17.958
	Strada Road	18.100	22.000	9.890	43.100
2020	Ferrovia Railway	1.825	15.427	41.188	35.550
	Strada Road	24.700	35.400	17.100	60.500
2025	Ferrovia Railway	1.754	15.788	42.944	37.224
	Strada Road	28.300	42.300	18.600	70.100
2030	Ferrovia Railway	1.967	16.404	45.157	48.804
	Strada Road	30.600	47.300	18.000	76.600
2050	Ferrovia Railway	1.544	16.211	48.887	50.103
	Strada Road	54.300	88.400	27.900	133.300
Situazione di progetto Project situation					
Anno	Valico	Ventimiglia	Frejus	Alpi Svizzere Symplon	Brennero Tauri Brenner Tauern
2004	Ferrovia Railway	0.480	8.379	21.057	17.958
	Strada Road	18.100	22.000	9.890	43.100
2020	Ferrovia Railway	1.825	19.060	41.692	36.064
	Strada Road	24.700	31.200	17.300	60.400
2025	Ferrovia Railway	1.754	29.506	42.844	37.690
	Strada Road	28.300	34.000	17.900	67.800
2030	Ferrovia Railway	1.967	39.346	43.903	48.111
	Strada Road	30.600	37.200	17.200	72.600
2050	Ferrovia Railway	1.544	63.846	48.423	52.047
	Strada Road	54.300	65.100	23.100	119.900

(Fonte - Source [9])

sidered in the road network: Ventimiglia, Monginevro, Frejus, Monte Bianco, Symplon, Gotthard, St. Bernardino, Brenner, Tauern. The rail network includes six passes: Ventimiglia, Frejus, Symplon, Gotthard, Brenner, Tauern.

The computation of flows on the links of the two networks have been made in different scenarios, characterized by different rates of GDP increase, by different values of traffic elasticity with respect to GDP, and by different measures of transport policy. Each scenario has been studied in two situations. A reference situation, which considers the existence of the new infrastructures whose realization is forecast for the next few years: in particular the new rail tunnels of Lotschberg, Gotthard and Brenner; and a project situation, equal to the reference one, with the addition of the new railway Turin-Lion.

The computation results have been published by the Observatory on the Turin-Lion railway, instituted by the Italian Prime Minister Decree of 1st march 2006, as a confrontation place among the new railway stakeholders. The results furnished by the Observatory and concerning the Alpine passes [9] are reported in tables 1 and 2, with reference to the two situations and two scenarios: the M0 scenario, characterized by a low increase in GDP rate - 1.5% until 2020, 1.2 successively - and by an average elasticity of traffic with respect to GDP equal to 1.4; and the M1 scenario, characterized by a medium increase in GDP rate - 1.8% until 2020, 1.5% successively - and an average elasticity of traffic with respect to GDP equal to 1.7. Both scenarios suppose that the measures of transport policy are those of today.

The tables 1 and 2 show, at the time intervals between 2004 and 2050 considered by LTF, the freight traffic volumes, measured as million tons per year, relative to the Alpine passes that we have considered to be the most interesting for the purposes of this paper. In order to make easier the reading and the analysis of the traffic volumes, those relative to the passes which are located

to - ed una elasticità media del traffico merci rispetto al PIL uguale a 1,7. In entrambi gli scenari si ritiene che le misure di politica dei trasporti siano quelle attuali

Le tabelle 1 e 2 riportano, alle scadenze temporali comprese fra il 2004 e il 2050 considerate da LTF, i volumi di traffico merci, misurati in milioni di tonn/anno, relativi ai valichi alpini più interessanti per gli scopi di questo articolo, sommando, per comodità di lettura e di analisi, quelli relativi ai valichi vicini fra loro e che svolgono funzioni almeno in parte complementari. Sono stati così individuati quattro gruppi di valichi stradali e ferroviari. Quelli ferroviari sono: il valico di Ventimiglia; quello del Frejus; quello delle Alpi Svizzere, formato dal tunnel del Sempione-Lötschberg e da quello del Gottardo; quello del Brennero, formato dal tunnel del Brennero e da quello dei Tauri. I gruppi di valichi stradali sono: il valico di Ventimiglia; quello del Frejus, formato dalla galleria del Frejus e da quella del Monte Bianco; quello delle Alpi Svizzere formato dalla galleria del Gottardo; quello del Brennero, formato dal valico del Brennero e da quello dei Tauri. I volumi di traffico sono relativi a due modi di trasporto: la strada e la ferrovia, dove quest'ultima comprende la ferrovia tradizionale, il combinato e l'autostrada ferroviaria.

D'ora in avanti l'insieme dei valichi stradali e ferroviari del Frejus, se non altrimenti specificato, sarà per brevità denominato complessivamente *valico del Frejus*.

3. I risultati del modello LTF

I risultati riportati nelle tabelle 1 e 2 prevedono che nella situazione di riferimento, cioè in assenza della nuova linea ferroviaria, a partire dal 2004 i volumi di traffico attraverso i valichi aumentino nel tempo in entrambi gli scenari M0 e M1, anche se in modo diverso per i diversi valichi, per i due modi di trasporto e per i due scenari. I risultati delle tabelle mostrano in particolare un incremento del volume di traffico attraverso il valico del Frejus. Si osserva fra il 2004 e il 2020 un incremento sul valico ferroviario del 68% nello scenario M0 e dell'84% nello scenario M1, mentre sul valico stradale, formato dalle gallerie del Frejus e del Monte Bianco, gli incrementi sono del 42% nello scenario M0 e del 61% nello scenario M1. Questi risultati sono in contrasto con i dati rilevati, i quali mostrano che negli ultimi quindici anni si è verificata una netta diminuzione dei volumi di traffico attraverso il valico del Frejus.

La fig. 1 riporta i volumi di traffico merci che hanno attraversato i tunnel stradale e ferroviario del Frejus fra il 1984 e il 2011, rilevati annualmente da ALPINFO [1], ai cui rilevamenti fanno riferimento anche tutti gli altri dati di traffico riportati nel seguito di questo articolo. La figura mostra che il volume di traffico merci attraverso il tunnel ferroviario è aumentato fra il 1984 e il 1997, raggiungendo $10.6 \cdot 10^6$ tonn/anno nel 1997, quindi è progressivamente diminuito fino a ridursi a sole $3.4 \cdot 10^6$ tonn/anno nel 2011. Il volume di traffico attraverso il valico stradale, formato dalle gallerie del Frejus e del Monte Bianco, è au-

near each other and operate at least in part in a complementary way have been summed up. In this way four groups of road and rail passes have been identified. The rail ones are: the Ventimiglia pass; the Frejus tunnel; the group of the Swiss Alps, formed by the Simplon and by the Gotthard tunnels; the group of the Brenner pass, formed by the Brennero and the Tauern passes. The road groups are: the Ventimiglia pass; the group of Frejus, formed by the Frejus and Mont Blanc tunnels; the group of the Swiss Alps, formed by the Gotthard tunnel; the group of the Brenner pass, formed by the Brennero and the Tauern passes. The traffic volumes are relative to two transport modes, the road and the railway, where the latter comprises the wagonload rail, the intermodal transport, and the rolling motorway.

In the following of the paper we shall name the set of the Frejus road and rail passes as Frejus pass, if not otherwise specified.

3. The results of the LTF model

The results shown in tables 1 and 2 indicate that in the reference situation, i.e. in the absence of the new railway, the traffic volumes through the Alpine passes increase over time beginning from 2004 in both the M0 and M1 scenarios, even if in different ways for the various passes, the two transport modes and the two scenarios. The results show in particular an increase in the traffic volumes through the Frejus pass. One can note a 68% increase in the M0 scenario and 84% in the M1 scenario between 2004 and 2020 in the rail pass, while the increase in the road pass, formed by the Frejus and Mont Blanc tunnels, are 42% in the M0 scenario and 61% in the M1 scenario. These results contradict the surveyed data, which show that a marked decrease in traffic volumes through the Frejus pass occurred in the last fifteen years.

Fig. 1 shows the freight traffic volumes that travelled the road and rail Frejus tunnels between 1984 and 2011; these data have been surveyed yearly by ALPINFO [1], which is also the source of all the data used in the following of the paper.

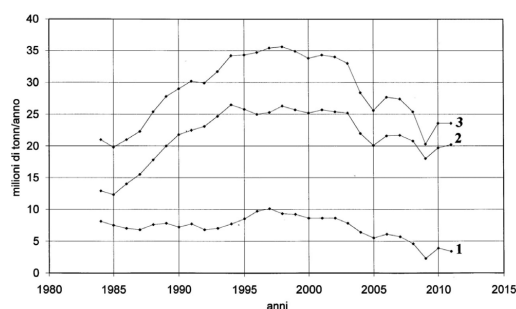


Fig. 1 - Andamento nel tempo del traffico merci ferroviario 1, stradale 2 e totale 3 attraverso il valico del Frejus.
Fig. 1 - Pattern over time of rail 1, road 2, and overall 3 freight traffic through the Frejus pass.

mentato dal 1984 al 1994, quando ha raggiunto $26.5 \cdot 10^6$ t/anno, si è mantenuto praticamente costante, con qualche lieve oscillazione, fino al 2001, quindi ha cominciato a diminuire fino a raggiungere $20.2 \cdot 10^6$ tonn/anno nel 2011.

Questo contrasto fra i volumi di traffico rilevati e quelli previsti dal modello LTF, il quale rende inattendibili le previsioni circa i futuri volumi di traffico attraverso il valico ferroviario del Frejus riportati nelle tabelle, è dovuto principalmente al fatto che il modello ha utilizzato un approccio statico. Quando si affronta lo studio di un sistema di trasporto con un approccio statico, si assume che l'unica caratteristica del sistema variabile con continuità nel tempo è la domanda di trasporto, la cui distribuzione fra le varie coppie O/D è tuttavia ritenuta costante nel tempo. Si ritiene invece che l'offerta di trasporto vari in maniera discontinua, a seguito di interventi localizzati in ben definiti istanti temporali, in genere molto distanziati fra loro, rappresentati dall'entrata in servizio di una nuova infrastruttura o dalla introduzione di qualche provvedimento di politica dei trasporti. Il modello LTF ha ritenuto che questo intervento nel sistema da esso studiato sia l'entrata in esercizio della nuova linea ferroviaria Torino-Lione nel 2020.

Il trasporto delle merci è invece un sistema dinamico, le cui caratteristiche variano con continuità nel tempo, a causa delle interazioni fra le numerose componenti del sistema, le quali determinano sia l'evoluzione tecnologica ed organizzativa dei vari modi di trasporto, sia quella della distribuzione della domanda fra le varie coppie di origine-destinazione delle merci. Si mostrerà in questo articolo che la diminuzione dei flussi di merci verificatisi nell'ultimo quindicennio attraverso il valico del Frejus è strettamente legata alla evoluzione tecnologica ed organizzativa del trasporto ferroviario delle merci attraverso le Alpi Svizzere. Questa evoluzione gioca un ruolo fondamentale nel futuro del traffico merci attraverso il valico ferroviario del Frejus.

4. L'effetto delle trasformazioni nel trasporto ferroviario delle Alpi Svizzere sui volumi di traffico merci attraverso il valico del Frejus

La tabella 3 riporta i flussi annui di merci, relativi a quattro categorie merceologiche, diretti a diversi Paesi Europei, attraverso i trafori stradali del Frejus e del Monte Bianco, ottenuti da una indagine eseguita dal CAFT (Cross Alpine Freight Transport) nel 2004 e da una analoga indagine OD svolta nel 2003 dalle Concessionarie autostradali italiane [8]. Da essi risulta che i flussi diretti verso la Francia sono $3552 \cdot 10^3$ t secondo l'indagine CAFT e $4500 \cdot 10^3$ t secondo l'indagine OD delle Concessionarie, mentre quelli diretti verso gli altri Paesi della parte occidentale dell'Europa centro settentrionale sono $1079 \cdot 10^3$ t e $1020 \cdot 10^3$ t rispettivamente.

La tabella 4 mostra i flussi mensili di veicoli pesanti attraverso il traforo del Monte Bianco diretti alle va-

The figure shows that the freight traffic volume through the rail tunnel increased between 1984 and 1997, reaching $10.6 \cdot 10^6$ tons per year in 1997, then it progressively decreased reaching $3.46 \cdot 10^6$ tons per year in 2011. The traffic volume through the road pass, formed by the Frejus and Mont Blanc road tunnels, increased from 1984 to 1994, when it reached $26.5 \cdot 10^6$ tons per year, remained basically constant, with some light fluctuations, up to 2001, then began to decrease, reaching $20.2 \cdot 10^6$ tons per year in 2011.

These differences between the surveyed traffic volumes and those computed by the LTF model, which make the forecasts of the future traffic volumes through the Frejus rail tunnel shown by the tables unreliable, are mainly due to the fact that the model has used a static approach. When a transport system is studied through a static model, one assumes that the only system characteristic that varies continuously over time is transport demand, whose distribution among the various O/D pairs is however considered constant. Instead the transport supply is supposed to vary in discontinuous way, as a result of interventions placed in well defined, very distant among them, time epochs. The interventions are represented by the entrance into service of a new infrastructure or by the introduction of a new measure of transport policy. The LTF model has supposed that this intervention in the transport system under study is the entrance into service of the new railway Turin-Lion in 2020. Instead the freight transport is a dynamic system, whose characteristics vary in continuous way over time, owing to the interactions among the various components of the system, which cause the technological and organizational evo-

TABELLA 3 – TABLE 3

FLUSSO ANNUO DI QUATTRO CATEGORIE DI MERCI (MIGLIAIA DI TONNELLATE) ATTRAVERSO I TRAFORI STRADALI DEL FREJUS E DEL MONTE BIANCO DIRETTI A VARI PAESI EUROPEI
YEARLY FLOWS (THOUSAND TONS) OF FOUR FREIGHT CATEGORIES THROUGH THE FREJUS AND MONT BLANC ROAD TUNNELS TOWARDS VARIOUS EUROPEAN COUNTRIES

Paese Country	CAFT 2004	OD 2003
Francia	3352	4500
Regno Unito	568	462
Belgio	304	273
Grecia	206	47
Olanda	118	150
Germania	73	103
Svizzera	16	32
Spagna	27	—
Portogallo	4	—
Totale	4668	5567

(Fonte - Source [8])

rie regioni della Francia. Le regioni riportate a sinistra della tabella sono ubicate nella parte settentrionale della Francia, quelle a destra nella parte meridionale, come si vede nella fig. 2. Anche questi dati risultano dalle citate indagini CAFT e OD delle Concessionarie, e sono stati ricavati dal quaderno n. 2 dell'Osservatorio della Valle di Susa [8]. Da essi risulta che l'88% dei flussi secondo l'indagine CAFT, il 74% secondo l'indagine OD delle Concessionarie, è diretta verso le regioni della Francia settentrionale.

Combinando assieme i risultati delle due tabelle si ottiene infine che i flussi annui diretti dall'Italia verso la Francia settentrionale e verso gli altri Paesi della parte occidentale dell'Europa centro settentrionale, appartenenti alle categorie merceologiche della tabella 3, sono uguali a $1079 + 0.88 \cdot 3352 = 4029 \cdot 10^3$ t secondo l'indagine CAFT, mentre secondo l'indagine delle Concessionarie sono $1020 + 0.74 \cdot 4500 = 4350 \cdot 10^3$ t, con proporzioni rispetto ai flussi totali uscenti dall'Italia attraverso i trafori del Monte Bianco e del Frejus uguali a $4029/4668 = 0.86$ e $4350/5567 = 0.78$ rispettivamente. Ritenendo che una analoga di-

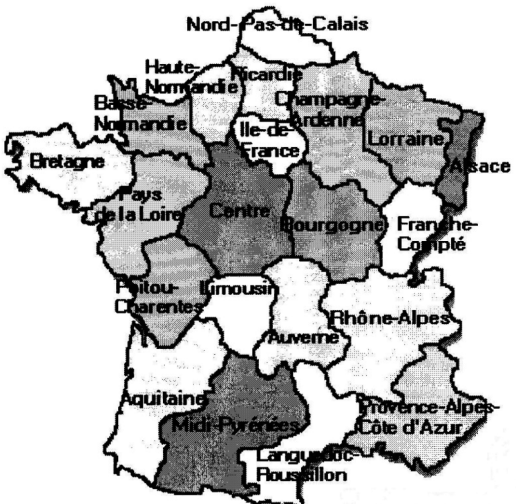


Fig. 2 – Regioni della Francia.
Fig. 2 – Regions of France

FLUSSO MENSILE DI VEICOLI PESANTI ATTRAVERSO IL TRAFORO DEL MONTE BIANCO DIRETTI ALLE VARIE REGIONI DELLA FRANCIA
MONTHLY FLOWS OF HEAVY VEHICLES THROUGH THE MONT BLANC TUNNEL TOWARDS THE VARIOUS REGIONS OF FRANCE

Regioni della Francia Regions of France	CAFT	OD	Regioni della Francia Regions of France	CAFT	OD
Ile de France	2341	2537	Rhone-Alpes	780	2116
Nord Pas de Calais	910	774	Limousin	130	17
Pays de la Loire	650	576	Auvergne	—	120
Bourgogne	390	705	Poitou-Charentes	—	96
Haute-Normandie	390	257	Provence- Coté d'Azur	—	77
Alsace	390	112	Aquitaine	—	69
Centre	260	482			
Lorraine	260	413			
Champagne-Ardenne	260	353			
Franche-Comptu	260	292			
Bretagne	260	292			
Picardie	260	206			
Basse Normandie	130	206			
Totale	6761	7205		910	2495

(Fonte - Source [8])

lutions of the various transport modes, and that of the freight demand distribution among the various origin/destination pairs. This paper will show that the decrease in freight flow through the Frejus pass is strictly linked to the technological and organizational evolution of freight rail transport through the Swiss Alps. This evolution plays a fundamental role in the future of freight traffic through the Frejus rail pass.

4. The effects of the modifications in the Swiss Alps rail transport on the freight traffic volumes through the Frejus pass

Table 3 shows the yearly traffic flows concerning four freight categories, towards various European countries through the Frejus and Mont Blanc road tunnels, obtained as results of a survey made by CAFT (Cross Alpine Freight Transport) in 2004, and of a similar survey made by the Italian Motorway Companies in 2003 [8]. The table data show that the flows towards France are $3552 \cdot 10^3$ tons according to the CAFT survey and $4500 \cdot 10^3$ tons according to that of the Motorway Companies, while those towards the Western part of the Central-Northern Europe are $1079 \cdot 10^3$ tons and $1020 \cdot 10^3$ tons respectively.

Table 4 shows the monthly flows of heavy vehicles through the Mont Blanc tunnel towards the various regions of France. The regions indicated at the left of the table are located in Northern France, those at right in Southern France,

stribuzione del traffico merci si abbia anche per quello che attraversa il tunnel ferroviario del Frejus, il quale all'epoca delle indagini rappresentava il 23% del traffico totale al valico del Frejus, si ricava da questi dati che la parte nettamente prevalente dei flussi di merci che attraversano quest'ultimo percorrono itinerari che collegano l'Italia nord-occidentale con la parte occidentale dell'Europa centro settentrionale, in particolare con il "triangolo manifatturiero" [6] comprendente la Ruhr, il Nord della Francia ed il Belgio. Questi itinerari, i quali usano il tunnel ferroviario del Frejus e le gallerie stradali del Frejus e del Monte Bianco, sono alternativi a quelli che percorrono il valico delle Alpi Svizzere, i quali utilizzano il traforo stradale del Gottardo ed i tunnel ferroviari del Sempione-Lötschberg e del Gottardo, poiché collegano le stesse coppie origine/destinazione.

Il fatto che gli itinerari che percorrono il valico delle Alpi Svizzere siano in competizione con quelli che attraversano il valico del Frejus era stato già osservato da JOURQUIN et al. [5] studiando un servizio di trasporto intermodale fra Genova e il Belgio. Negli ultimi anni si è verificata una profonda modifica nel modo in cui la domanda di trasporto merci fra l'Italia nord-occidentale e la parte occidentale dell'Europa centro settentrionale, la quale utilizza questi due gruppi di itinerari, si è distribuita fra di essi.

La fig. 3 mostra l'andamento nel tempo, fra il 1984 e il 2011, della ripartizione, fra i due gruppi di itinerari, della domanda di trasporto merci complessiva su di essi - che d'ora in avanti chiameremo *domanda Nord-Sud* - espressa in milioni di tonn/anno. Nel 1984 il 59% della domanda ha utilizzato il valico del Frejus; questa proporzione è progressivamente aumentata fino a raggiungere il massimo del 62% nel 1996, poi è andata progressivamente diminuendo, in modo più deciso dopo il 2002, fino a ridursi al 39% nel 2011. Nella stessa figura è riportato l'andamento nel tempo

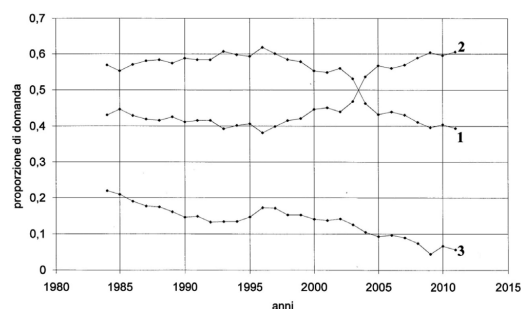


Fig. 3 – Andamento nel tempo delle proporzioni della domanda Nord-Sud che usano il valico del Frejus 1, quello delle Alpi Svizzere 2 e la ferrovia del Frejus 3.

Fig. 3 – Pattern over time of the proportions of North-South demand that use the Frejus pass 1, the Swiss Alps pass 2, and the Frejus railway 3.

as one can see in fig. 2. Also these data result from the CAFT survey and from the O/D survey of the Italian Motorway Companies, and have been obtained from the n. 2 paper of the Susa Valley Observatory [8]. They show that 88% of flows according to the CAFT survey, and 74% according to that of the Motorway Companies, travel towards Northern France.

By combining the results of the two tables it results that the flows from Italy towards France and the other countries of the Western part of the Central-Northern Europe, belonging to the four freight categories of table 3, are $(1079 + 0.88 \cdot 3352) \cdot 10^3 = 4029 \cdot 10^3$ tons according to the CAFT survey, and $(1020 + 0.74 \cdot 4500) \cdot 10^3 = 4350 \cdot 10^3$ tons according to that of the Italian Motorway Companies. The proportions with respect to the flows that leave Italy through the Mont Blanc and Frejus road tunnels are $4029 / 4688 = 0.86$ and $4350 / 5567 = 0.78$ respectively. By supposing that the freight flows through the Frejus rail tunnel - which at time of the surveys accounted for 23% of the total traffic through the Frejus pass - has a similar distribution among the various destinations, one obtains from these data that the dominant part of freight flows through the Frejus pass travels itineraries connecting the North-West of Italy to the Western part of the Central-Northern Europe: in particular to the "manufacturing triangle", containing the Ruhr, Northern France and Belgium [6]. These itineraries, which use the Frejus rail tunnel and the Frejus and Mont Blanc road tunnels, are substitutes for those travelling the Swiss Alps, which utilize the Gotthard road tunnel and the Symplon-Lötschberg and Gotthard rail tunnels, because they connect the same origin/destination pairs.

This fact, that the itineraries travelling the Swiss Alps pass are in competition with those travelling the Frejus pass, had already been observed by JOURQUIN et al. [5], while they were studying an intermodal transport system between Genoa and Belgium. A profound modification occurred, in the last few years, in the way in which the freight transport demand between the North-West of Italy and the Western part of the Central-Northern Europe, which uses these two groups of itineraries, split between them.

Fig. 3 shows the pattern over time, between 1984 and 2011, of the split between these two groups of itineraries of the overall freight transport demand on them - which we will name North-South demand - measured in million tons per year. In 1984, 59% of demand used the Frejus pass; this proportion has progressively increased up to a maximum of 62% reached in 1996; then it has been progressively decreasing, more markedly after 2002, reaching 39% in 2011. The same figure shows the pattern of the proportion of the same demand that used the Frejus railway: it was 22% in 1984, then it has been progressively decreasing, reaching 5% in 2011.

These changes are strictly linked to the profound modifications occurred in the rail transport system through the Swiss Alps, beginning from the first nineties of the last century. The most important part of this changes has been the creation - and the successive continuous improvement - of the intermodal transport, which has progressively replaced the wagonload rail.

della proporzione della stessa domanda che ha utilizzato la ferrovia del Frejus: nel 1984 essa era il 22%, poi è andata progressivamente diminuendo, fino a ridursi al 5% nel 2011.

Come ora vedremo, queste modifiche sono strettamente legate alle profonde trasformazioni verificatesi, a partire dai primi anni '90 del secolo scorso, nel sistema di trasporto ferroviario delle merci attraverso le Alpi Svizzere. La parte principale di queste trasformazioni è stata la creazione ed il continuo successivo miglioramento del sistema di trasporto intermodale, che è andato progressivamente sostituendo il trasporto ferroviario a carro completo.

L'importanza crescente nel tempo del ruolo del trasporto intermodale si rileva dalla fig. 4, la quale mostra l'andamento nel tempo della proporzione della domanda Nord Sud sui tre modi di trasporto attraverso le Alpi Svizzere. Il trasporto ferroviario a carro completo, che nel 1984 assorbiva il 30% della domanda Nord-Sud, ha perduto rapidamente di importanza nel decennio successivo fino al 1996, in cui la proporzione di domanda trasportata si è ridotta al 15%. Questa proporzione è andata ancora diminuendo negli anni successivi, ma in misura molto più lieve, riducendosi al 13% nel 2011. Nel 1996 ha avuto inizio il rapido sviluppo del trasporto intermodale, la cui importanza era cresciuta molto lievemente negli anni precedenti. La proporzione di domanda Nord-Sud da esso trasportata, uguale al 12% nel 1996, ha raggiunto il 30% nel 2011. Questo incremento è il risultato del trasferimento, a partire dal 1996, di una parte considerevole della proporzione della domanda Nord-Sud dal valico del Frejus al trasporto intermodale attraverso le Alpi Svizzere.

Ciò risulta evidente dalla fig. 5, la quale pone a confronto l'andamento nel tempo della proporzione della domanda Nord-Sud attraverso il valico del Frejus con quella

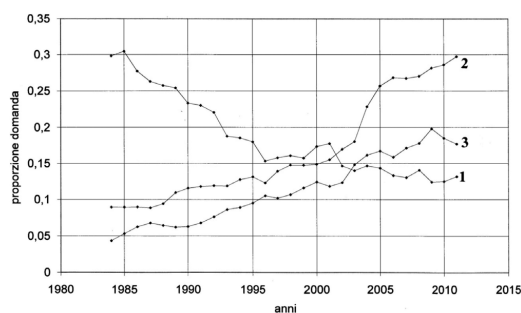


Fig. 4 - Andamento nel tempo delle proporzioni della domanda Nord-Sud che usano la ferrovia a carro completo 1, il trasporto intermodale 2 e il trasporto stradale 3 attraverso le Alpi Svizzere. Fig. 4 - Pattern over time of the proportions of North-South demand that use the wagonload rail 1, the intermodal transport 2, and the road transport 3 through the Swiss Alps.

One can note in fig. 4 the increase over time in the importance of intermodal transport: the figure shows the pattern over time of the proportions of the North-South demand on the three transport modes through the Swiss Alps. The wagonload rail, which absorbed 30% of North-South demand in 1984, lost great part of its importance in the successive decade until 1996, when the proportion of demand it carried decreased to 15%. This proportion further decreased in the successive years, even if much more slowly, reaching 13% in 2011. The fast growth of intermodal transport began in 1996, while it had been very slow in the previous years. The proportion of North-South demand carried by intermodal transport, which was 12% in 1996, reached 30% in 2011. This increase is the result of the shift, starting from 1996, of a significant part of the North-South demand from the Frejus pass to the intermodal transport through the Swiss Alps.

This is clear in fig. 5, which compares the patterns over time of the proportions of North-South demand through the Frejus pass with that on the intermodal transport through the Swiss Alps.

Moreover fig. 6 shows that there is a strict linear relationship between the two proportions of demand in the years between 1996 and 2011: the regression equation shown in the figure indicate that 77% of the yearly decrease in the proportion of demand through the Frejus pass is proportion of demand acquired by the intermodal transport through the Swiss Alps. This is a statistical relationship, thus it does not enables us to infer that the improvements in freight transport through the Swiss Alps is the cause of the decrease in demand through the Frejus pass. In fact it is possible that the distribution among the various O/D pairs of the freight exchange between the North-West of Italy and the Western part of the Central-Northern Europe changed over time in such a way that the utility of using the Frejus pass decreased, while at the same time it fostered the improvements in freight transport through the Swiss Alps. This would exclude the existence of a causal relationship between improvements in freight trans-

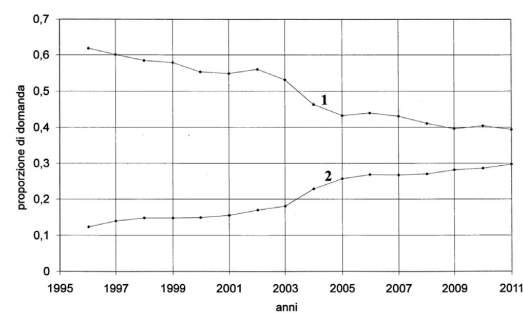


Fig. 5 - Andamento fra il 1996 e il 2011 delle proporzioni della domanda Nord-Sud attraverso il valico del Frejus 1 e sul trasporto intermodale delle Alpi Svizzere 2. Fig. 5 - Pattern between 1996 and 2011 of the proportions of North-South demand through the Frejus pass 1 and on the intermodal transport of the Swiss Alps 2-

che utilizza il trasporto intermodale attraverso le Alpi Svizzere.

Inoltre la fig. 6 mostra l'esistenza di una forte relazione lineare fra le due proporzioni di domanda in ciascuno degli anni fra il 1996 e il 2011: dalla equazione di regressione riportata nella figura si ricava che il 77% della diminuzione annuale della proporzione di domanda attraverso il valico del Frejus è proporzione di domanda acquisita dal trasporto intermodale attraverso le Alpi Svizzere. La relazione così individuata è di tipo statistico, cioè non consente di dedurre che il miglioramento del sistema di trasporto delle merci attraverso le Alpi Svizzere sia la causa della diminuzione di domanda attraverso il valico del Frejus. E' infatti possibile che la distribuzione fra le varie coppie O/D della domanda di interscambio delle merci fra l'Italia nord-occidentale e la parte occidentale dell'Europa centro-settentrionale si sia andata modificando nel tempo in modo da ridurre la convenienza ad utilizzare gli itinerari attraverso il valico del Frejus, spingendo al tempo stesso al miglioramento del trasporto delle merci attraverso le Alpi Svizzere. Ciò escluderebbe l'esistenza di una relazione causale fra miglioramento del trasporto delle merci attraverso le Alpi Svizzere e trasferimento di un'aliquota di domanda dal valico del Frejus, poiché entrambi sarebbero una conseguenza della modifica nella distribuzione della domanda. Tuttavia anche in questo caso esisterebbe uno stretto legame tra i due eventi. Infatti, il fatto che gran parte dell'aliquota di domanda perduta dal valico del Frejus si sia trasferita sul trasporto intermodale delle Alpi Svizzere evidenzia che, senza le modifiche avvenute nel sistema di trasporto delle merci delle Alpi Svizzere, il trasferimento della domanda nel modo e nella entità in cui si è verificato non sarebbe stato possibile.

E' importante sottolineare che queste modifiche non hanno riguardato le infrastrutture, poiché sia le strade che le linee ferroviarie che attraversano le Alpi Svizzere sono rimaste sostanzialmente immutate nel corso del periodo di tempo considerato nella figura. La nuova galleria di base del Lotschberg è entrata in esercizio solo nel 2007, e con caratteristiche molto ridotte rispetto al progetto definitivo: su 2/3 della lunghezza è a binario unico; mentre la nuova galleria di base del Gottardo non è ancora entrata in esercizio. Le modifiche sono invece dovute alle grandi trasformazioni tecnologiche e organizzative verificatesi negli ultimi due decenni nel trasporto ferroviario delle merci, il quale è stato progressivamente trasformato da trasporto a carro completo in trasporto intermodale. Quest'ultimo ebbe inizio nel 1969, quando la Società HUPAC diede luogo ad un collegamento fra Milano Rogoredo e Colonia. Ma il salto di qualità del servizio si ebbe a cominciare dal 1978, quando la stessa HUPAC costruì il terminal di Busto Arsizio, dando inizio nel 1990 ad un servizio con treni navetta fra questo terminal e Colonia [4]. Successivamente è entrato in servizio il grande terminal di Novara [2]. Infine nel 2005 ha iniziato l'attività il nuo-

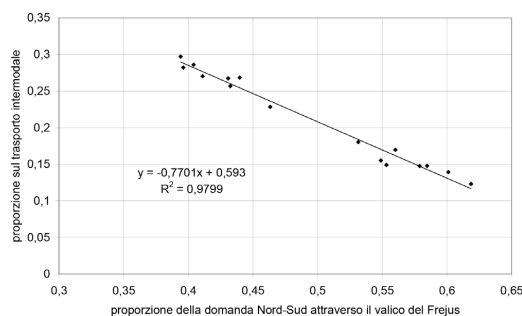


Fig. 6 – Relazione fra la proporzione della domanda Nord-Sud sul trasporto intermodale attraverso le Alpi Svizzere e quella attraverso il valico del Frejus.

Fig. 6 – Relationship between the proportion of North-South demand on the intermodal transport through the Swiss Alps and that through the Frejus pass.

port through the Swiss Alps and shift of a fraction of demand from the Frejus pass, because both these facts could be a consequence of changes in the demand distribution. However also in this case a strict connection between the two events would exist. Actually, the fact that a great part of the demand fraction, lost by the Frejus pass, shifted to the intermodal transport through the Swiss Alps, points out that, without the changes occurred in the freight transport system of the Swiss Alps, the shift of demand, in the way and the extent that occurred, would not have been possible.

It is important to point out that these changes do not relate to the infrastructures, because both the roads and the railways through the Swiss Alps remained substantially unchanged in the period considered in the figure. The new Lotschberg base tunnel came into exercise only in 2007, and with characteristics very reduced with respect to those of the final project: 2/3 of its length is single track; and the new Gotthard base tunnel has not come into exercise yet. Instead the changes concern the great technological and organizational transformations of freight rail transport occurred in the last two decades: it has progressively changed from wagonload rail to intermodal transport. Intermodal transport through the Swiss Alps started in 1969, when the HUPAC Company established a connection between Milan-Rogoredo and Cologne. A significative improvement occurred when the same Company built the Busto Arsizio terminal, starting a shuttle train service between this terminal and Cologne [4]. Then also the Novara terminal began its activity [2]. The final step came in 2005, when the new HUPAC terminal at Gallarate became operative. Along with the technological innovations caused in freight transport by these great intermodal terminals, and also by others of less size located mainly West of Milan, as well as by the great terminals of Northern Europe - Cologne, Duisburg, Ludwigshafen, Rotterdam, Antwerp - an essential contribution to intermodal transport is due to the changes in the rail transport organization, based on the increasing use of shuttle trains between pairs of terminals.

vo terminal di Gallarate. Accanto alla innovazione tecnologica prodotta nel trasporto merci da questi grandi terminal intermodali, e da altri di minori dimensioni ubicati principalmente ad ovest di Milano, oltre che dai grandi terminali del Nord Europa – Colonia, Duisburg, Ludwigshafen, Rotterdam, Anversa – un grande contributo all'efficienza del trasporto intermodale è stato dato dalle trasformazioni nella organizzazione del trasporto ferroviario, basata sul crescente utilizzo di treni navetta fra coppie di terminal.

E' prevedibile che l'efficienza del trasporto intermodale attraverso le Alpi Svizzere aumenterà progressivamente negli anni futuri per effetto dei miglioramenti sulle linee ferroviarie: il completamento del tunnel di base del Lotschberg, l'entrata in esercizio del tunnel di base del Gottardo, e l'eliminazione degli attuali colli di bottiglia nella regione di Berna, nella valle dell'Aare e agli accessi alla frontiera a Basilea e a Domodossola. In particolare il nuovo tunnel di base del Gottardo produrrà un incremento di capacità, valutata in numero di treni, del 15%, con la possibilità di aumentare il tonnellaggio massimo dei treni a 1600 t con un solo locomotore, contro le attuali 1400 con due locomotori in testa [7].

Allo scopo di valutare le conseguenze che questi progressivi miglioramenti del trasporto ferroviario attraverso le Alpi Svizzere, insieme con possibili ulteriori modifiche nella distribuzione della domanda di trasporto delle merci fra l'Italia nord occidentale e la parte occidentale dell'Europa centro-settentrionale, avranno sul trasporto delle merci attraverso il valico del Frejus, è stato utilizzato il modello dinamico presentato in un precedente articolo [3], il quale consente di prevedere il futuro della ripartizione modale, utilizzando le sequenze della ripartizione verificatesi in un periodo precedente abbastanza lungo.

5. Una previsione degli effetti del trasporto intermodale attraverso le Alpi Svizzere sul futuro del trasporto merci attraverso il valico del Frejus

Il modello è stato applicato allo studio della evoluzione nel tempo della ripartizione modale della domanda di trasporto delle merci fra il Nord-Ovest dell'Italia e la parte occidentale dell'Europa centro settentrionale. La domanda di interscambio delle merci fra questi due territori attraversa le Alpi utilizzando tre modi di trasporto, intendendo come modo di trasporto una soluzione per trasferire merci da una origine a una destinazione, la quale usa un particolare insieme di tecnologie, di strutture organizzative e di itinerari, in un particolare ambiente. I tre modi di trasporto così definiti sono: il trasporto ferroviario attraverso il tunnel del Frejus; il trasporto stradale attraverso le gallerie del Frejus, del Monte Bianco e del Gottardo; il trasporto ferroviario attraverso le Alpi Svizzere. Utilizzando le sequenze della ripartizione modale della domanda fra i tre modi di trasporto negli anni compresi fra il 1996 e il 2011, ottenute

We forecast that the importance of the intermodal transport through the Swiss Alps will increase progressively in the years to come as a consequence of the improvements in railways: the completion of the Lotschberg base tunnel, the coming into exercise of the Gotthard base tunnel, and the elimination of the present bottlenecks in the Bern region, in the Aare valley and at Basel and Domodossola. In particular the new Gotthard base tunnel will cause 15% increase in rail capacity, measured as number of trains, with the increase in maximum gross weight of single trains up to 1600 tons with only one engine, instead of the current 1400 tons with two engines [7].

With the aim to evaluate the consequences that these progressive improvements in rail transport through the Swiss Alps, along with likely further changes in the freight demand distribution between the North-West of Italy and the Western part of the Central-Northern Europe, will have on the freight transport through the Frejus pass, we have used the dynamical model presented in a previous paper [3]. It enables us to forecast the future of the modal split, by using the sequences of modal split surveyed in a previous rather long period of time.

5. Forecast of the effects of the intermodal transport through the Swiss Alps on the future of freight transport through the Frejus pass

The model has been applied to the study of the over time evolution of the modal split of the freight transport demand between the North-West of Italy and the Western part of the Central-Northern Europe. The freight transport demand between these two territories crosses the Alps by using three transport modes, meaning as transport mode a solution to transfer freight from an origin to a destination, which uses a particular set of technologies, of organizational structures and of itineraries, in a given environment. The three transport modes - so defined - are: the rail transport through the Frejus pass; the road transport through the Frejus, Mont Blanc and Gotthard road tunnels; the rail transport through the Swiss Alps. By using the sequences of the demand split among these three transport modes in the years between 1996 and 2011 - obtained as usual by elaborating the ALPINFO yearly data - the model enabled us to compute the over time evolution of modal split.

The results of the computation are shown in fig. 7, where the curves obtained by the model are superimposed to the surveyed data. First of all we note that the computed evolution of modal split fits well, minus some fluctuations, the surveyed values. The curves obtained by the model show a progressive decrease in the proportion of the demand that uses the rail transport through the Frejus pass, which tends to the asymptotic value 0.022; a progressive increase in the fraction served by the rail transport through the Swiss Alps, with asymptotic value equal to 0.469; while the proportion of demand using as a whole the Frejus, Mont Blanc and Gotthard road tunnels decreases until 2011, then remains practically constant as far as the asymptotic value equal to 0.509.

al solito elaborando i dati annuali forniti da ALPINFO, applicando il modello è stata calcolata l'evoluzione nel tempo della ripartizione modale.

I risultati del calcolo sono riportati nella fig. 7, nella quale le curve fornite dal modello sono sovrapposte ai dati rilevati. Si osserva innanzi tutto che le ripartizioni modali verificatesi fra il 1996 e il 2011 concordano bene, a meno di alcune fluttuazioni, con l'evoluzione calcolata. Questa mostra una progressiva diminuzione della aliquota di domanda che utilizza il trasporto ferroviario attraverso il valico del Frejus, la quale tende ad un valore asintotico di 0.022; un progressivo incremento della frazione servita dal trasporto ferroviario attraverso le Alpi Svizzere, con un valore asintotico uguale a 0.469, mentre quella che usa il trasporto stradale nell'insieme delle gallerie del Frejus, del Monte Bianco e del Gottardo, in lieve diminuzione fino al 2011, resta praticamente costante fino al valore asintotico uguale a 0.509.

Il valore asintotico estremamente basso calcolato per l'aliquota di domanda sul trasporto ferroviario attraverso il valico del Frejus indica la tendenza alla scomparsa del trasporto ferroviario delle merci dal più antico tunnel alpino.

6. Conclusioni

La scomparsa del trasporto ferroviario delle merci attraverso il valico del Frejus sembra essere l'esito finale della competizione che vede contrapporsi ormai da diversi decenni i due sistemi di trasporto delle merci fra il Nord-Ovest dell'Italia e la parte occidentale dell'Europa centro settentrionale: il sistema del Frejus, che utilizza l'omonimo tunnel ferroviario e le gallerie stradali del Frejus e del Monte Bianco; ed il sistema delle Alpi Svizzere, che utilizza il tunnel stradale del Gottardo e quelli ferroviari del Sempione-Lotschberg e del Gottardo. Questo articolo ha mostrato che fino agli ultimi anni del secolo scorso il trasporto delle merci fra i due territori è stato dominato dal sistema del Frejus, che a metà circa degli anni '90 trasportava oltre il 60% della domanda complessiva. A partire dai primi anni del nuovo secolo il sistema delle Alpi Svizzere ha preso progressivamente il sopravvento, fino a trasportare a sua volta fino a oltre il 60% della domanda complessiva nel 2011.

Possiamo supporre che questo mutamento sia almeno in parte dovuto ad uno spostamento della domanda di interscambio delle merci fra il Nord Italia e la parte occidentale dell'Europa centro-settentrionale verso coppie O/D più facilmente servite da itinerari che attraversano le Alpi Svizzere. Ma questo articolo ha mostrato che in ogni caso il mutamento è strettamente legato alla diversa evoluzione dei modi di trasporto nei due sistemi. Il mutamento non è dovuto alle trasformazioni verificatesi nel trasporto stradale. Questo infatti si è evoluto in modi praticamente simili nei due sistemi: senza interventi nelle infrastrutture, ma con un progressivo aumento del tonnellaggio mediamente traspor-

The extremely low asymptotic value of the demand fraction that uses rail transport through the Frejus pass shows that the freight rail transport through the oldest Alpine tunnel tends to disappear.

6. Conclusions

The disappearance of freight rail transport through the Frejus pass seems to be the final result of the competition under way for many years between the two freight transport systems between the North-West of Italy and the Western part of the Central-Northern Europe: the Frejus system, which uses the Frejus rail tunnel and the Frejus and Mont Blanc road tunnels; and the system of the Swiss Alps, which uses the Gotthard road tunnel and the Symplon-Lotschberg and Gotthard rail tunnels. This paper has shown that the Frejus system dominated the freight transport between the two territories until the half of the nineties of the last century, when it carried more than 60% of the overall demand. Starting from the first years of the new century, the system of the Swiss Alps increasingly prevailed, up to carry more than 60% of the overall demand in 2011.

We can suppose that this change is due, at least in part, to a shift of freight exchange between the North-West of Italy and the Western part of Central-Northern Europe towards O/D pairs that are more easily served by itineraries that cross the Swiss Alps. However this paper has shown that the change is in any case linked to the different evolution of the transport modes in the two systems. The change does not depend on the transformations occurred in road transport. The evolution of the latter has been the same in the two systems: without modifications of the infrastructures, but increasing the average number of tons carried by single vehicles, reducing empty runs, along with some measures of transport policy, concerning the road tolls - heavier in Switzerland than in other countries - and imposing speed limits and minimum gaps in tunnels for safety sake. The

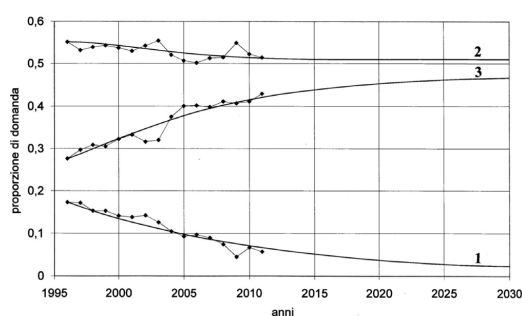


Fig. 7 – Andamento nel tempo della ripartizione della domanda Nord-Sud fra il trasporto ferroviario attraverso il valico del Frejus 1, il trasporto stradale 2, e il trasporto ferroviario attraverso le Alpi Svizzere 3.

Fig. 7 – Pattern over time of the split of North-South demand among the rail transport through the Frejus pass 1, the road transport 2, and the rail transport through the Swiss Alps 3.

tato dai veicoli ed una riduzione della percentuale dei viaggi a vuoto, insieme con alcuni provvedimenti di politica dei trasporti, riguardanti i pedaggi stradali, più pesanti sulle strade svizzere che su quelle degli altri Paesi, ed imponendo limiti di velocità e un distanziamento minimo tra i veicoli nelle gallerie per motivi di sicurezza. Il mutamento è invece dovuto alle modifiche del trasporto ferroviario, profondamente diverse nei due sistemi.

Il sistema delle Alpi Svizzere ha sostanzialmente modificato sia la tecnologia che l'organizzazione del trasporto ferroviario delle merci, il quale è stato progressivamente trasformato da trasporto a carro completo a trasporto intermodale. Punto di forza di quest'ultimo sono i terminali intermodali: sul lato italiano i grandi terminali di Busto Arsizio, Gallarate e Novara, oltre ad altri di dimensioni minori ubicati principalmente ad Ovest di Milano; nel Nord Europa i grandi terminali di Colonia, Duisburg, Ludwigshafen, Rotterdam, Anversa. Un ulteriore notevole contributo alla efficienza del trasporto intermodale è stato dato dalle trasformazioni nella organizzazione del trasporto ferroviario, basata sul crescente utilizzo di treni navetta fra coppie di terminali. Invece il trasporto ferroviario del Frejus ha subito solo modesti miglioramenti, in particolare con l'introduzione a livello sperimentale nel 2003 di un servizio di autostrada ferroviaria fra Aiton e Orbassano. Le conseguenze sono chiaramente visibili nella fig. 8, la quale mostra l'andamento nel tempo della proporzione della domanda fra l'Italia nord-occidentale e la parte occidentale dell'Europa centro-settentrionale, che abbiamo denominato domanda Nord-Sud, assorbita dal trasporto ferroviario nei due sistemi. Fino a metà degli anni '90 questa proporzione è andata diminuendo in entrambi i sistemi, più marcatamente in quello delle Alpi Svizzere. Successivamente la proporzione in quest'ultimo è andata progressivamente crescendo, raggiungendo il 43% nel 2011, mentre nel sistema del Frejus la proporzione ha continuato a diminuire, in misura ancora più marcata che in precedenza, riducendosi a poco più del 5% nel 2011.

Si può senz'altro ritenere che il trasporto ferroviario attraverso le Alpi Svizzere migliorerà notevolmente nei prossimi anni con il completamento della galleria di base del Lotschberg, l'entrata in esercizio della galleria di base del Gottardo, e l'eliminazione degli attuali colli di bottiglia nella regione di Berna, nella valle dell'Aare e agli accessi alla frontiera a Basilea e a Domodossola. In particolare il nuovo tunnel di base del Gottardo produrrà un aumento di capacità, valutata in numero di treni, del 15%, con la possibilità di aumentare il tonnellaggio massimo dei treni a 1600 t con un solo locomotore, contro le attuali 1400 t con due locomotori in testa. Invece molto scarso sembra essere il contributo che la nuova linea Lione-Torino, ed in particolare il nuovo tunnel di base, potrà dare al sistema di trasporto ferroviario del Frejus. Infatti l'efficienza di un siste-

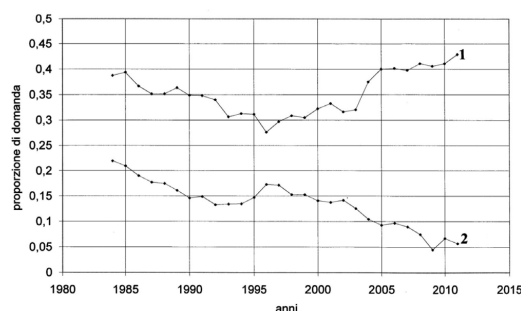


Fig. 8 – Andamento nel tempo della proporzione della domanda Nord-Sud trasportata dal sistema ferroviario delle Alpi Svizzere 1 e da quello del Frejus 2.

Fig. 8 – Pattern over time of the proportions of North-South demand carried by the rail system of the Swiss Alps 1 and by that of Frejus 2.

change is instead due to the modifications of rail transport, substantially different in the two systems.

The system of the Swiss Alps has substantially modified both technology and organization of freight rail transport, which has been progressively transformed from wagonload rail to intermodal transport. Essential part of the latter are the intermodal terminals: on the Italian side the great terminals of Busto Arsizio, Gallarate and Novara, besides others of less size located mainly West of Milan; in Northern Europe the great terminals of Cologne, Duisburg, Ludwigshafen, Rotterdam, Antwerpe. A further notable contribution to intermodal transport is due to the changes in the organization of rail transport, based on the increasing use of shuttle trains between pairs of terminals. Instead the improvements in the Frejus rail transport have been really negligible: among them a service of rolling motorway between Aiton and Orbassano, introduced in 2003 at experimental stage. The consequence can be easily seen in fig. 8, which shows the pattern over time of the proportions of transport demand between the North-West of Italy and the Western part of Central-Northern Europe - which we have named North-South demand - absorbed by rail transport in the two systems. These proportion have been decreasing until the half of the nineteen of the last century in both systems, more markedly in that of the Swiss Alps, then the proportion of the latter has progressively increased, reaching 43 percent in 2011, whereas the proportion of the Frejus system continued to decrease, more markedly than previously, reducing to a little more than 5% in 2011.

We believe that rail transport through the Swiss Alps will certainly further improve in the next few years, with the completion of the Lotschberg base tunnel, the coming into exercise of the Gotthard base tunnel, and the elimination of the present bottlenecks in the Bern region, in the Aare valley and at Basel and Domodossola. In particular the new Gotthard base tunnel will cause 15 percent increase in rail capacity, with the increase in maximum gross weight of single trains, up to 1600 tons with only one engine, instead of the current 1400 tons with two engines [7]. Instead the contribution

ma di trasporto dipende non solo dalle infrastrutture, ma anche, ed in modo sostanziale, dalle tecnologie impiegate e dalla struttura organizzativa. Il sistema ferroviario del Frejus, per riuscire a recuperare una quota apprezzabile della domanda di trasporto Nord-Sud, dovrebbe modificare profondamente tecnologia ed organizzazione, indipendentemente dagli interventi sulla infrastruttura ferroviaria. Tuttavia questo recupero sembra essere ormai un'impresa molto ardua, poiché il sistema ferroviario del Frejus si troverebbe a competere con quello delle Alpi Svizzere, ormai fortemente consolidato, dotato di tecnologie molto avanzate, e con una struttura organizzativa basata fra l'altro su una fitta rete di relazioni con i sistemi di trasporto intermodale di altri Paesi.

that the future railway Turin-Lion, and in particular the new base tunnel, could give to the Frejus transport system seems to be very scarce. In fact, the performance of a transport system depends not only on the infrastructures, but also, and in substantial measure, on its technology and organization. The Frejus rail system should substantially modify technology and organization, irrespective of the interventions on the rail infrastructure, in order to recover a significant part of North-South transport demand. However this recovery seems to be a very hard task at this point, because the Frejus system should compete with the system of the Swiss Alps, which is now firmly settled, equipped with very advanced technologies, and with an organizational structure based, among other things, on a close network of relations with the intermodal transport systems of other countries.

BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] ALPINFO (1984-2011), *"Traffico merci attraverso le Alpi"*.
- [2] BOZZO F. e MARRA A. (2007), *"L'interporto di Novara"*, Progetto & Pubblico, giugno 2007, 18-20.
- [3] FERRARI P. (2013), *"Il trasporto merci attraverso le Alpi Svizzere: evoluzione prevedibile con un nuovo modello di ripartizione modale"*, Ingegneria Ferroviaria, Anno LXVIII, 547-564.
- [4] HUPAC (2008), *"40 years HUPAC"; 1967-2007: from road to rail*, www.hupac.ch/download.
- [5] JOURQUIN B., BEUTHE M., DEMILIE C.L. (1999), *"Freight Building network models: methodology and application"*, Transportation Planning and Technology 23, 153-177.
- [6] KRUGMAN P. (1991), *"Geography and Trade"*, pag. 11, MIT Press, Cambridge, Mass.
- [7] LTF (2007), *"Capacità dell'attuale valico ferroviario del San Gottardo"*, Quaderno n. 1 dell'Osservatorio Val di Susa, 145-148.
- [8] Ministero delle Infrastrutture (2007), *"Analisi dei dati dell'indagine CAFT 2004 effettuata presso il confine italo-francese"*, Quaderno n. 2 dell'Osservatorio Val di Susa, 110-129.
- [9] Osservatorio Val di Susa (2007), *"Il modello di previsione del traffico merci"*, Quaderno n. 2 dell'Osservatorio Val di Susa, 240-336.
- [10] RFI (2007), *"Nota di sintesi sullo stato della linea storica"*, Quaderno n. 1 dell'Osservatorio Val di Susa, 110-11.
- [11] RFI e LTF (2007), *"Potenzialità, prestazioni e criticità della linea storica Torino-Lione"*, Quaderno n. 1 dell'Osservatorio Val di Susa, 112-128.